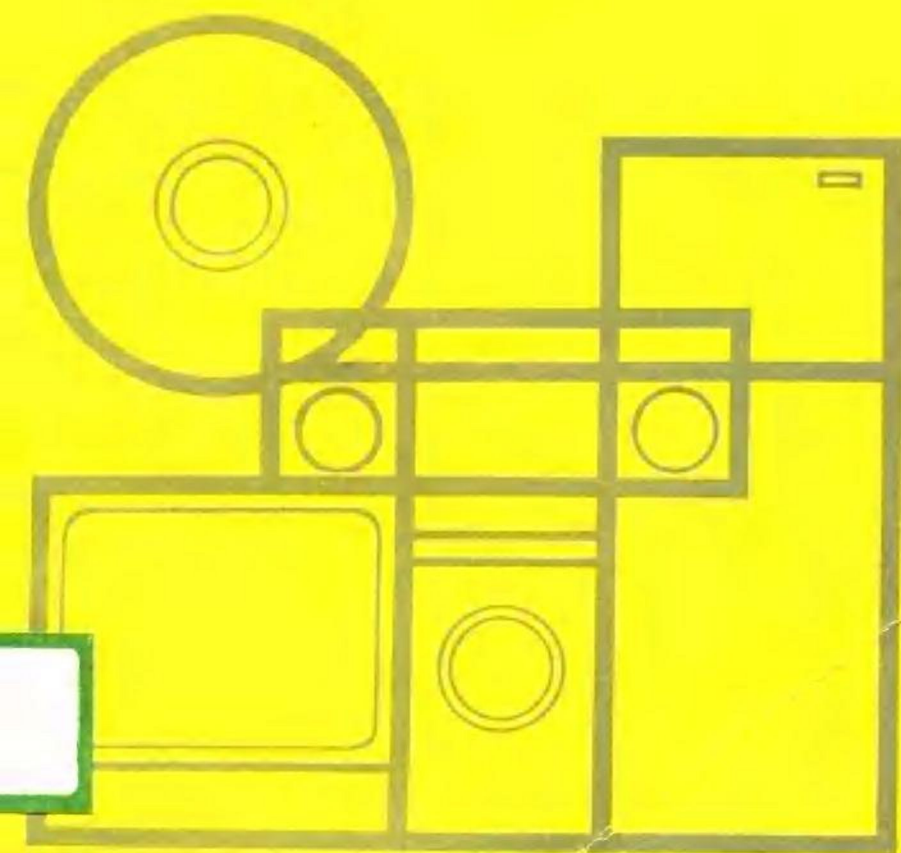


家用电器使用丛书

家用电器常用控制电路

● 家用电器使用丛书编委会



辽宁科学技术出版社

家用电器使用丛书

家用电器常用控制电路

Jiayong Dianqi Changyong Kongzhi Dianlu

家用电器使用丛书编写组

辽宁科学技术出版社出版 (沈阳市南京街6段1里2号)
辽宁省新华书店发行 朝阳新华印刷厂印刷

开本: $787 \times 1092 \frac{1}{32}$ 印张: $9 \frac{1}{2}$ 字数: 211,000
1990年2月第1版 1990年2月第1次印刷

责任编辑: 刘绍山 责任校对: 李 雪
封面设计: 庄庆芳

印数: 1—5,407

ISBN 7-5381-0803-3/TM·40 定价: 3.95元

前 言

目前,家用电器已遍及每个家庭,而且它的普及率还在不断提高。如何正确、科学、安全地使用各种家用电器,延长家用电器的使用寿命,更好地发挥家用电器方便生活、美化家庭的作用是每个家电用户十分关心和必须解决的问题。家用电器使用丛书就是为解决这一问题而编写的,其目的在于向城乡广大用户通俗、系统、准确地介绍各种家用电器的选购、安放、日常使用维护及简单故障的排除等知识,帮助广大用户正确、科学、安全地使用家用电器。

这套丛书从使用者角度出发,内容涉及到黑白、彩色电视机,电冰箱、洗衣机、收录机、电唱机、收音机、电风扇、吸尘器、电熨斗、电热褥、电热杯、电饭锅、电水壶、家用灯具、电动剃须刀、微波灶、空调器等三十多种常见家用电器,各书都针对广大用户所关心的问题,条理清楚,简明易懂,集实用性、知识性、科学性于一体。

本书是专讲家用电器常用控制电路的,其内容包括功率器件及其驱动电路,直流电源控制电路、照明控制电路、电热控制电路。电机控制电路、电子点火控制电路及其它控制电

路，并且通俗地、理论联系实际地、有重点地介绍这些控制电路的构成、工作原理和过程、元器件选用、适用范围等，它不仅能增加家用电器使用者有关控制电路的知识，而且还有助于家用电器用户更好地使用、维护或自制控制电路，达到节约能源，延长家用电器使用寿命的目的。本书对有关的研究、生产和维修人员也有参考价值。

本书由杨崇志、苏石同志编著。对提供帮助的马明等同志表示衷心谢意。

愿这套丛书成为广大家用电器用户的良师益友，愿这套丛书在广大读者的支持帮助下不断充实完善。

家用电器使用丛书编写组

1989年6月

目 录

第一章 功率器件及其驱动电路.....	1
§ 1—1 功率三极管.....	1
§ 1—2 基极驱动电路设计要点.....	15
§ 1—3 可控硅.....	23
§ 1—4 单结晶体管及弛张振荡器.....	29
§ 1—5 可控硅触发电路设计要点.....	35
§ 1—6 双向可控硅.....	46
§ 1—7 用于双向可控硅的触发元件.....	54
§ 1—8 双向可控硅触发电路设计要点.....	60
第二章 直流电源控制电路.....	70
§ 2—1 串联型稳压电路.....	70
§ 2—2 推挽式晶体管直流变换器.....	83
§ 2—3 斩波式开关稳压电路.....	92
§ 2—4 直流变换式稳压电路.....	95
§ 2—5 整流电源与电池电源转换电路...	106
§ 2—6 直流稳流电源.....	109
§ 2—7 电视机电源.....	113
§ 2—8 电压调节器.....	120
§ 2—9 电池充电器.....	123
第三章 照明控制电路.....	130
§ 3—1 白炽灯调光装置.....	130
§ 3—2 荧光灯调光装置.....	141
§ 3—3 荧光灯启动电路.....	149

§ 3—4	荧光灯电子镇流器·····	156
§ 3—5	白炽灯、荧光灯及霓虹灯 的闪光控制电路·····	160
§ 3—6	灯的软启动电路·····	165
§ 3—7	灯光稳定器·····	168
§ 3—8	闪光灯的 control·····	174
第四章 电热控制电路·····		183
§ 4—1	温度传感器简介·····	183
§ 4—2	电热控制方式·····	192
§ 4—3	电饭锅的温度控制·····	206
§ 4—4	电炉灶的温度控制·····	211
§ 4—5	取暖电炉的温度控制·····	216
§ 4—6	“电暖气”的温度控制·····	219
§ 4—7	电褥的温度控制·····	221
§ 4—8	电热地毯的温度控制·····	225
§ 4—9	其它温控电路·····	229
第五章 电机控制电路·····		236
§ 5—1	电机的分类与构造·····	236
§ 5—2	电机速度控制的基本原理·····	241
§ 5—3	单相交流电机的开—关控制·····	247
§ 5—4	单相交流电机可逆运转的控制·····	252
§ 5—5	录音机稳速电路举例·····	256
§ 5—6	洗衣机电机控制电路举例·····	262
§ 5—7	缝纫机电机控制电路举例·····	265
§ 5—8	搅拌机电机控制电路举例·····	267
第六章 电子点火器及其它控制电路·····		270
§ 6—1	干电池电子点火器·····	270

§ 6—2	交流点火器·····	274
§ 6—3	摩托车点火装置·····	278
§ 6—4	汽车点火装置·····	279
§ 6—5	换气扇的自动控制·····	282
§ 6—6	漏电切断器·····	286
附 录	英文缩写名词·····	293

第一章 功率器件及其驱动电路

在家用电器控制电路中通常所用的半导体功率器件有功率三极管、可控硅等。可控硅已成为电力控制的中心部件，而功率三极管在功率电路、交直流变换、自动化控制以及直流伺服装置中得到广泛应用。

§ 1—1 功率三极管

半导体三极管自本世纪40年代被发明以来，经历了40多年的历史。最初的半导体三极管只能在小信号中应用，而现在，额定值为1000A、1000V的大功率三极管正在研制中。可直接接于220V、380V交流电源的、耐压为600V、1000V的功率三极管已实用化。特别是1980年以来，市场上出现了把多个功率三极管封装在一个管壳内的晶体管组合器件。这种体积小、性能高的组合器件的应用范围在迅速扩大。

功率三极管虽比可控硅获得高压、大电流性能困难，但三极管可用控制信号控制其主电流的通断，并且转换速度高，这是可控硅等功率器件所不能比拟的。

1-1-1 功率三极管的种类

若按功率三极管的工作原理分，有双极型三极管（即NPN型或PNP型少数注入、扩散运动形成放大作用的器件）

和单极型三极管（即场效应三极管）。

双极型功率三极管按结构分又可分为单一型（电路符号如图1—1a示）和复合型（如图1—1b示）。单一型功率三极管具有开关时间短、饱和压降低的优点，但它的电流放大系数较小，一般在10~30，因此所需的基极驱动电流较大。复合型的电流放大系数大，可达 100~1000，因而所需基极驱动电流小，但它的饱和压降较大，开关时间较长。

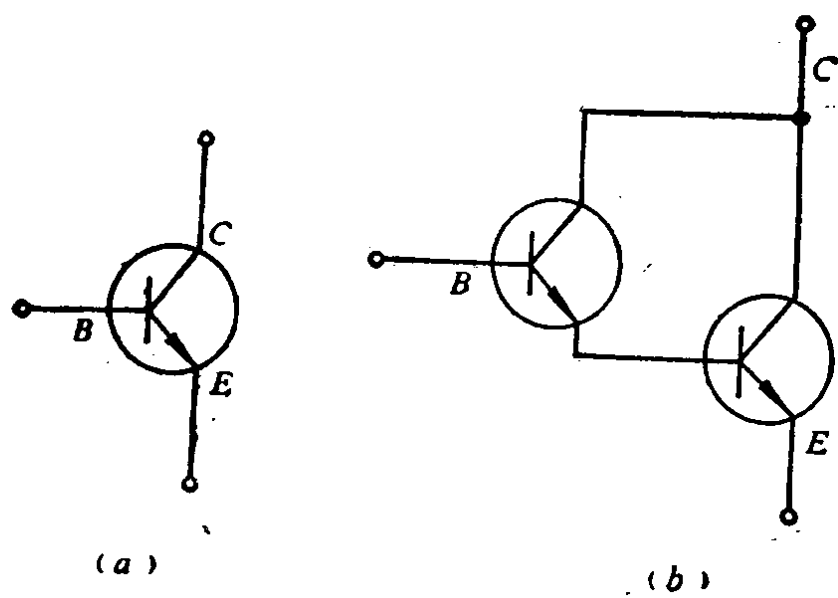


图 1—1

表 1—1 列出了功率三极管的种类及特点。

表 1—1

种 类		特 点			
工作原理	结构	耐压	放大系数	饱和压降	开关时间
双极型	单一型	良	差	优	良
	复合型	良	良		差
单极型	MOSFET	差	优 (驱动功率小)	良	优

1-1-2 功率三极管的结构和工作原理

一、功率三极管的结构

图 1—2 表示了复合功率三极管和功率 MOSFET（金属氧化物绝缘栅场效应管）的内部结构及其符号。市售功率三极管的封装外壳各种各样，如图 1—3 所示：有塑料封装、金属封装或微型组件型等。

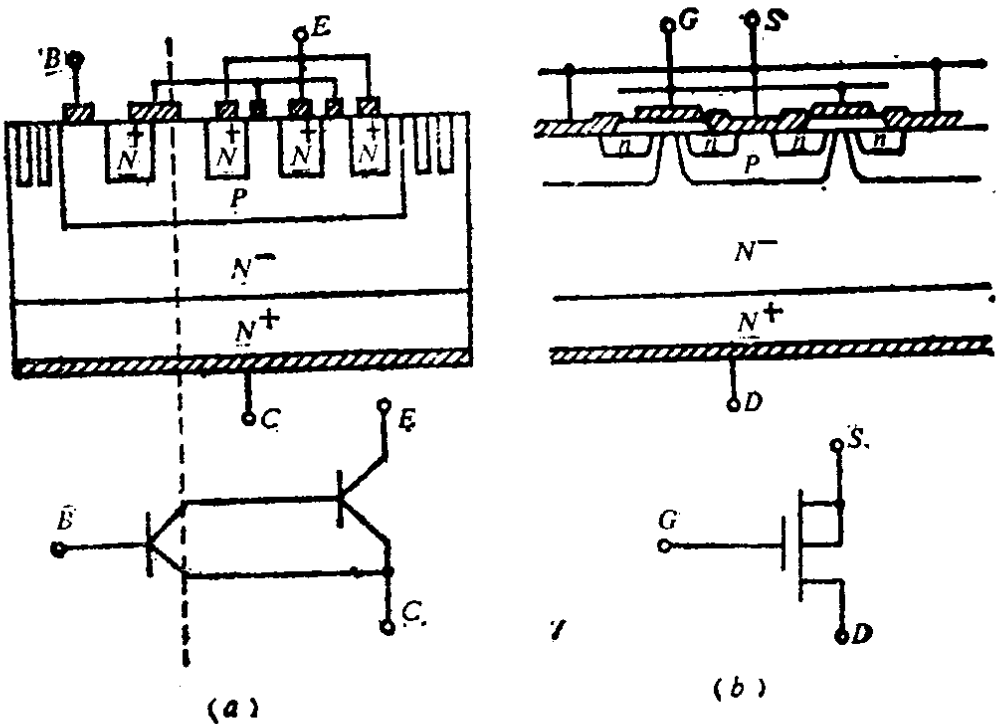


图 1—2

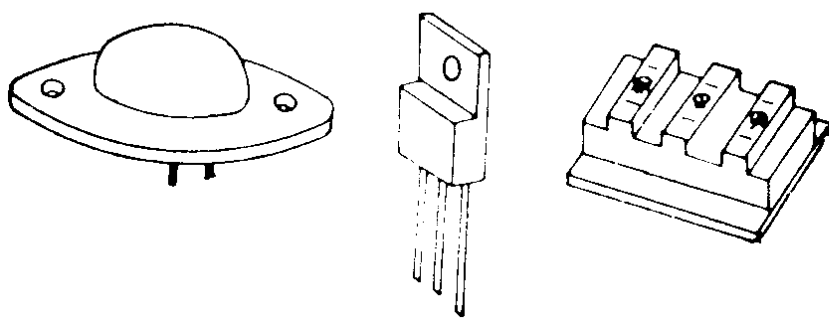


图 1—3

二、双极型三极管工作原理

这里我们仅简要说明其工作原理。如图 1—4 所示 NPN 管，当发射结加正向偏压（即基极—发射极间电压 V_{BE} 为正），集电极（又叫收集极）—发射极间也加正向电压时，由发射区向基区注入的电子形成发射结电流 I_E （ I_E 的方向是电子流的反方向），注入到基区的电子向前扩散。由于基区很窄，所以大部分电子可扩散到集电结边缘。因集电极加正压，所以这些电子可越过集电结到达集电极形成集电极电流 I_C ， I_C 的方向也是电子流的反方向。在基区中只有一小部分电子和基区中的空穴复合而形成基极电流 I_B ，显然

$$I_E = I_B + I_C$$

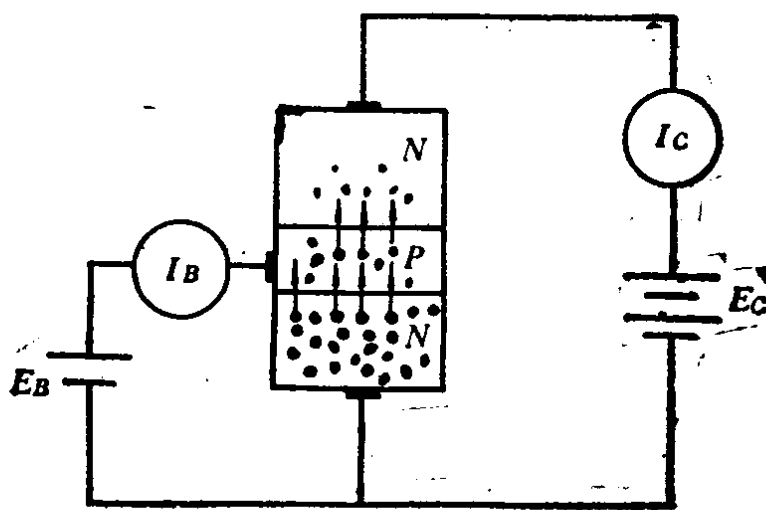


图 1—4

基极电流 I_B 和集电极电流 I_C 之间满足

$$I_C = h_{FE} I_B + I_{CE0}$$

的关系，其中 I_{CE0} 是 $I_B = 0$ 时 C 、 E 极间的漏电流。对于功率三极管而言 I_{CE0} 在 $\mu A \sim mA$ 量级上，而且它随温度有较明

显的变化，温度每增 10°C ， I_{CE0} 增加约 1 倍左右。 h_{FE} 是电流放大系数，在一定电流范围内近于常数，大约在十至数十之间。当电流 I_C 很小或很大时， h_{FE} 都变小。

三、MOS FET的工作原理

如前所述的双极型三极管在作放大时，其输入回路的PN结必须处于正向偏置，因此输入电阻很低，这是它的严重缺点之一。金属氧化物绝缘栅场效应管(简称MOS FET)是利用电场控制管内电流的，其输入端呈绝缘状态，因此输入阻抗很高(电阻值可达 $10^{10}\ \Omega$ 以上)。另外，它还具有噪声低、热稳定性好、便于集成等优点。

绝缘栅场效应管有N沟道和P沟道两类，其中每一类又分增强型和耗尽型两种。四种类型MOS管的工作原理相似，这里重点讨论N沟道MOS管。

1. 增强型MOS管的工作原理。图1—2(b)是功率 MOS 管的内部结构图。它实际上是多个 MOS 管并联成的。现把其中一个MOS管的结构示意图单独画出，如图 1—5 所示。由该图可见，若把栅极短路，即令 $V_{GS} = 0$ ，并使 V_{DS} 为正电压，则漏极D与源极S之间的PN结是反向，没有电流流通，即 $I_D = 0$ 。若在栅极—源极之间加上正电压 V_{GS} ，该电压便加在栅极(铝层)和P型区构成的以二氧化硅为介质的平行板电容器上，于是产生一个垂直指向P区的电场，P型区表面的空穴受到电场的排斥而移向体

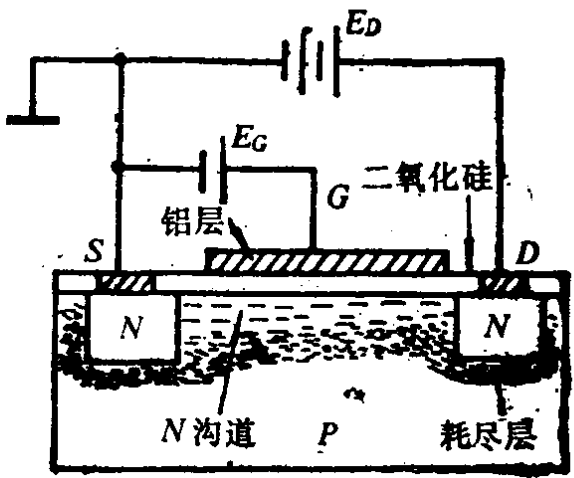


图 1—5

内。随着 V_{GS} 的增加，电场增强，P型区表面层中的空穴将全部被赶走而形成耗尽层。 V_{GS} 继续增加，比如增加到某一电压 V_T ，介质中的电场可把P型区体内的电子吸引到表面层来，使本来是P型的表面层变成了以电子为主的N型层（称反型层），该N型层把与漏极和源极相接的两个N型区接起来，于是漏源之间出现电流 I_D 。显然，随着栅源正电压 V_{GS} 的增加，反型层厚度加大， I_D 将增加。这表明 V_{GS} 对漏极电流 I_D 是有控制作用的。由于反型层起到了导电的作用，所以通常形象地把它叫导电沟道，简称沟道。图1—5中的反型层为N沟道。又因为该种MOS管只有在 $V_{GS} > V_T$ 以后才能出现漏极电流 I_D ，所以称为增强MOS管。

N沟道增强型MOS管输出特性如图1—6所示。当 $V_{GS} \leq 2V(V_T)$ 时，漏极电流 $I_D = 0$ 。当 $V_{GS} > 2V$ 时，开始出现 I_D 。当漏—源之间电压 V_{DS} 较小，即小于 $U_{GS} - U_T$ 时，由于 V_{DS} 对沟道宽度影响很小，所以 V_{DS} 越大、 I_D 越大。当 $V_{DS} \geq V_{GS} - V_T$ 时，漏极与栅极之间的电压等于或小于0，所以漏

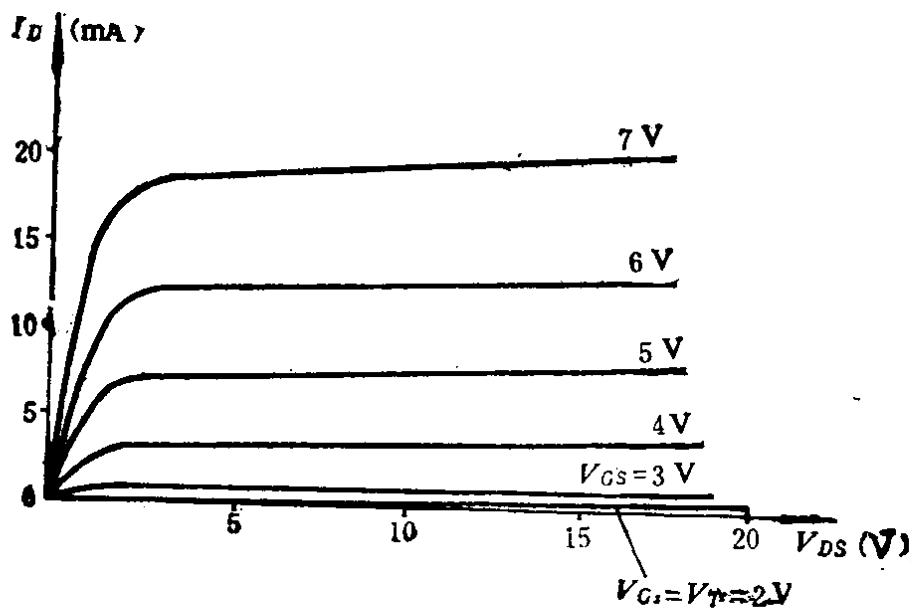


图 1—6

极附近导电沟道几乎消失，即 DS 之间电阻变大，且 V_{DS} 越大， DS 间电阻越大，所以 I_D 几乎不再随 V_{DS} 的增大而增加，呈恒流特性。

2. 耗尽型 MOS 管的工作原理。N沟道耗尽型 MOS 管的结构与图 1—5 所示，增强型管的结构基本相同，它们的差别在于耗尽型管的二氧化硅绝缘层中掺有大量的正离子，因此即使 $V_{GS} = 0$ ，P型区表面也已感应出大量的电子，形成了导电沟道，从而在 V_{DS} 作用下出现漏极电流。

N沟道耗尽型MOS管的输出特性曲线如图 1—7 所示。从特性曲线可以看出，无论栅源之间电压为正或为负，都能控制 I_D 的大小，且不出现栅流。这是耗尽型MOS管的特点。和N沟道增强型MOS管相比，耗尽型 MOS 管更适合于作放大用。

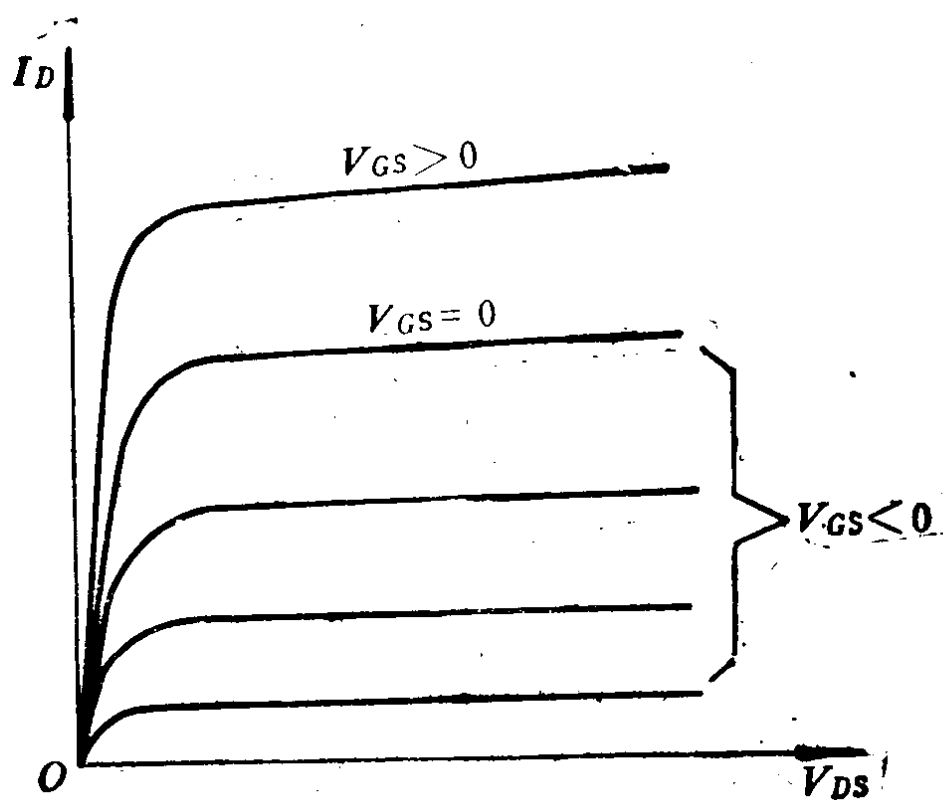


图 1—7

1-1-3 功率三极管的最大额定值及其特性

在选用功率三极管之前必须了解功率三极管最大额定值的意义及学会查阅其特性表。因为在工作中，既使在瞬间加于晶体管的电压或电流等超过额定值也是危险的（可能导致晶体管的损坏）。因此在设计电路时，必须根据电源电压、负载及环境温度等变化的最恶劣条件来选择晶体管的额定参数值。

表 1—2 中给出了功率三极管的最大额定参数的物理意义。

表 1—2

额定	参 数	符 号	意 义
额定电压	C-B 极间电压	V_{CB0}	发射极开路，集电极—基极间所能加的最大反向电压
	C-E 极间电压	V_{CE0}	基极开路，集电极—发射极间所能加的最大正向电压。因B-E间的条件不同，还有 V_{CER} 、 V_{CES} 、 V_{CEX}
	E-B 间电压	V_{EB0}	集电极开路，基极—发射极间所能加的最大反向电压
额定电流	集电极电流	I_C	集电极所能流过的最大电流没有确定定义。但多数是指在一一定的 hFE 下所能流过的电流值。通常是用直流值规定的，但也有用脉冲电流的最大值规定的
	基极电流	I_B	基极能流过的最大电流值。多数用 I_C 的 $1/5 \sim 1/10$ 所定义的。且通常用直流值规定。但也有用脉冲电流最大值规定的

续表

额定	参 数	符 号	意 义
安全 工作 区	正 向 SOA	$V_{CE} \times I_C$	它是基极正向时，以通电时间为参量所允许的集电极功耗 ($V_{CE} \times I_C$)，可用 $V_{CE} \sim I_C$ 图表示
	反 向 SOA	$V_{CE} \times I_C$	由基极反向造成关闭时， V_{CE} 和 I_C 的轨迹所允许的最大值。它将根据反向条件而有所变化
	短路耐量	t_W	作为电源调整管时，电源短路情况下所能允许的最大通电时间。它将根据电源电压和集电极电流而变

对该表中的某些参数作如下补充说明：

1. 额定电压。额定电压是表示在三极管两个极之间（如CE间、CB间、EB间）所能加的最大电压值，象表中 V_{CB0} 、 V_{CE0} 、 V_{EB0} 所示。

除上面三个额定电压参数外，还应注意下面三个电压参数：

V_{CER} ——基极—发射极之间接电阻 R 后 CE 间击穿电压；

V_{CES} ——基极—发射极短路时 C 、 E 间击穿电压；

V_{CEX} ——基极—发射极间反偏下， C 、 E 间击穿电压。

理论和实践均证明：

$$V_{CB0} > V_{CEX} > V_{CES} > V_{CER} > V_{CE0}$$

由此可见 C 、 E 间的击穿电压在基极开路时最低，而 B 、 E 间短路或反偏时较大。

应针对所用的电源电压及浪涌电压选择元件的额定电压值。表 1—3 给出了功率三极管与交流市电电源相接时所选

三极管额定电压与电源电压（有效值）之间的关系。

表 1 — 3

交流电源电压	V_{CB0} 或 V_{CEX} (V)
200	600
380	1000

2. 额定电流。额定电流是指集电极或基极所能允许的最大电流。我们以集电极额定电流 I_{CM} 为例说明之。

集电极电流 I_C 较大时，放大系数 h_{FE} 将随 I_C 的增加而减小。通常规定 h_{FE} 下降到最大值的一半时的 I_C 为最大收集极电流 I_{CM} 。但复合功率管多规定 h_{FE} 下降到100时的集电极电流为 I_{CM} 。

但也有用内部引线所能允许流过的最大电流值作为额定电流的。不论哪种规定，瞬间脉冲电流超过额定电流时并不一定引起晶体管损坏。在许多情况下脉冲电流可达到 I_{CM} 的2 ~ 3 倍。

3. 安全工作区 (SOA)。安全工作区 (Safety Operation Area) 是表示三极管不被损坏条件下所能使用的电压、电流范围。由于三极管具有放大区，所以在晶体管C、E极间加有高电压的同时可流过大电流，这可能损坏晶体管。因此不能单纯地根据电流或电压的额定值选择晶体管。另外，功率三极管还有所谓二次击穿现象。考虑上述诸因素后可确定晶体管的安全工作区。根据使用状态晶体管安全工作区应分为如下三种情况：

(1) 正偏SOA。正偏 SOA 是指发射结加正向电压、